

中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this
office of the application as originally filed which is identified hereunder:

申請日：西元 2003 年 01 月 29 日
Application Date

申請案號：092101991
Application No.

申請人：財團法人工業技術研究院
Applicant(s)

局 長
Director General

蔡 練 生

發文日期：西元 2003 年 7 月 9 日
Issue Date

發文字號：09220687420
Serial No.

發明專利說明書

(填寫本書件時請先行詳閱申請書後之申請須知，作※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 92101991 ※IPC分類：

※ 申請日期： 92. 1. 29

壹、發明名稱

(中文) 在影像中校準手勢特徵之方法

(英文) Method for aligning gesture feature of image

貳、發明人 (共 3 人)

發明人 1 (如發明人超過一人，請填說明書發明人續頁)

姓名：(中文) 張勤振

(英文) Chin-Chen Chang

住居所地址：(中文) 新竹縣竹北市嘉興路 123 號

(英文) No. 123, Jiashing Rd., Jubei City, Hsinchu

國籍：(中文) 中華民國 (英文) R.O.C.

參、申請人 (共 1 人)

申請人 1 (如發明人超過一人，請填說明書申請人續頁)

姓名或名稱：(中文) 財團法人工業技術研究院

(英文) Industrial Technology Research Institute

住居所或營業所地址：(中文) 新竹縣竹東鎮中興路四段一九五號

(英文) No. 195, Sec. 4, Chung Hsing Rd., Chutung, Hsinchu

國籍：(中文) 中華民國 (英文) R.O.C.

代表人：(中文) 翁政義

(英文) Cheng-I Weng

☐ 續發明人或申請人續頁 (發明人或申請人欄位不敷使用時，請註記並使用續頁)

發明人 2

姓名：(中文) 劉正一

(英文) Cheng-Yi Liu

住居所地址：(中文) 台北市健康路 54 號 3 樓

(英文) No. 54, Jiankang Rd., Taipei

國籍：(中文) 中華民國 (英文) R.O.C.

發明人 3

姓名：(中文) 陳怡彥

(英文) I-Yen Chen

住居所地址：(中文) 高雄市三民區孝順街 73 巷 10 號

(英文) No. 10, Lane 73, Shiaushuen St., Sanmin Chiu, Kaohsiung

國籍：(中文) 中華民國 (英文) R.O.C.

發明人 4

姓名：(中文)

(英文)

住居所地址：(中文)

(英文)

國籍：(中文) (英文)

發明人 5

姓名：(中文)

(英文)

住居所地址：(中文)

(英文)

國籍：(中文) (英文)

發明人 6

姓名：(中文)

(英文)

住居所地址：(中文)

(英文)

國籍：(中文) (英文)

肆、中文發明摘要

本發明係有關於一種在影像中校準手勢特徵之方法。首先擷取一輸入之手勢影像；並對此手勢影像進行影像前處理，以分割出手勢影像之二值化輪廓影像所形成的封閉曲線；接著，影像處理裝置可根據此封閉曲線來描繪出手勢影像之曲率格化空間影像；再將其所形成之座標-峰值組數列與一預設函數進行迴旋積分運算，藉以將具有最大積分值之座標值指定為基準點，進而求出手勢影像之特徵參數；最後比對手勢影像之特徵參數與參考手勢形狀之特徵參數，以辨識出手勢影像所對應之手勢形狀。

伍、英文發明摘要

The present invention relates to a method for aligning gesture features of image. An input gesture image is captured, and then a closed curve formed by a binary contour image of the gesture image is determined by processing the gesture image. A curvature scale space (CSS) image of the gesture image is drawn based on the closed curve. A convolution operation is performed with respect to the sequence of a coordinate-peak set formed by the CSS image and a predefined function to designate the coordinate with maximal value of integration as a basis point for obtaining a feature parameter of the gesture image. Finally, comparing the feature parameter of the gesture image with each feature parameter of a plurality of reference gesture shapes, thereby determining a gesture shape corresponding to the gesture image.

陸、(一)、本案指定代表圖為：第 1 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

流程圖無元件符號說明。

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

捌、聲明事項

☐ 本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間，其日期為：_____

☐ 本案已向下列國家（地區）申請專利，申請日期及案號資料如下：

【格式請依：申請國家（地區）；申請日期；申請案號 順序註記】

1. 無

2. _____

3. _____

☐ 主張專利法第二十四條第一項優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；日期；案號 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

6. _____

7. _____

8. _____

9. _____

10. _____

☐ 主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

【格式請依：申請日；申請案號 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

☐ 主張專利法第二十六條微生物：

☐ 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

☐ 國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

☐ 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明

(發明說明應敘明：發明所屬之技術領域、先前技術、內容、實施方式及圖式簡單說明)

一、發明所屬之技術領域

本發明係有關影像辨識之技術領域，尤指一種在影像中校準手勢特徵之方法。

二、先前技術

目前在手勢辨識(gesture recognition)技術領域中，以視覺為基礎(vision-based)的手勢姿態(hand posture)辨識技術主要是根據手勢影像之姿態(posture)或形狀(shape)來做辨識，因此在影像中將手勢形狀特徵擷取和比對的技術扮演著相當重要的角色。

習知技術用以辨識影像中手勢特徵的方法，主要係使用曲率格化空間(curvature scale space, CSS)描述子(descriptors)來作為物體量化的形狀特徵描述，因此即使物體形狀在經過縮放(scale)、位移(translation)、及旋轉(rotation)之後，仍能保有很穩定的特徵描述。

習知作法在擷取一輸入之手勢影像後，將對此手勢影像進行影像前處理以求出其二值化輪廓影像所形成之封閉曲線；接著根據封閉曲線以描繪出手勢影像之曲率格化空間影像；之後選取曲率格化空間影像所形成之座標-峰值組數列中、具有最大峰值所對應之座標點來作為校準基準點，並根據此校準基準點進行圓形旋轉來產生校準後之曲率格化空間影像，藉以求出對應於手勢影像之特徵參數；最後再將手勢影像之特徵參數一一與預存之複數種參考手勢形狀以最大峰值為基準點之特徵參數

進行比對，以辨識出手勢影像所對應之手勢形狀。

然而，由於手勢姿態是具有高度形變的，因此在手勢形狀之曲率格化影像中，前幾個較大峰值彼此相近、且位置變化大，同一手勢之最大峰值的位置可能發生在最多四個手指間之凹陷附近，以五指全開表示數字『伍』之手勢為例，其所形成之曲率格化空間影像所發生的最大峰值座標點可能在拇指和食指凹陷處、也可能在食指和中指凹陷處，上述兩種曲率格化空間影像雖然表示同一種手勢，但辨識系統卻可能會受到最大峰值座標點的不同、而辨識出不同的結果。此外，當曲率格化影像受到雜訊(noise)干擾時，也有可能出現較大峰值而導致影像辨識器辨識出錯誤的結果，這是由於曲率只能記錄『局部性』的彎曲程度，其定義無法就整體輪廓來標出整個內凹或外凸的區域有多大，因此自然無法直觀地辨識出影像中手指的位置，而形成手勢特徵校準不穩定的現象。由此可知，習知在影像中校準手勢特徵之方法仍存在有諸多缺失而有予以改進之必要。

三、發明內容

本發明之主要目的係在提供一種在影像中校準手勢特徵之方法，其根據所有曲率格化空間座標-峰值組之整體二維分佈狀態來選取校準基準點，俾以解決先前技術之最大峰值座標點選擇法本身局部性的限制，以呈現較穩定之特徵描述結果。

本發明之另一目的係在提供一種在影像中校準手勢特徵之方法，係以曲率格化空間描述手勢在影像中的形

狀輪廓，俾使影像形狀不受形狀縮放、位移、以及旋轉角度的影像，以保有穩定的特徵描述。

為達成上述之目的，於本發明所提出之在影像中校準手勢特徵之方法中，首先係對擷取之輸入手勢影像進行影像前處理，以求出手勢影像之二值化輪廓影像所形成之封閉曲線；然後，根據封閉曲線以描繪出手勢影像之曲率格化空間影像；再將曲率格化空間影像所形成之一座標-峰值組數列與一預設函數 $F(x)$ 進行迴旋積分運算，以將具有最大積分值之座標值指定為基準點，來求出手勢影像之特徵參數，其中， $F(x) \geq 0$ ，且 $F(x)$ 為一非對稱函數；最後，將手勢影像之特徵參數一一與預存之複數種參考手勢形狀之特徵參數進行比對，以辨識出手勢影像所對應之手勢形狀。

四、實施方式

為能讓 貴審查委員能更瞭解本發明之技術內容，特舉一較佳具體實施例說明如下。

有關本發明之在影像中校準手勢特徵之方法的較佳實施例，請先參照圖1之流程圖。首先影像處理裝置擷取一輸入之手勢影像(步驟S101)，由於本發明係根據手勢影像之輪廓外形來辨識手勢的特徵，因此接著利用影像前處理技術將輸入手勢影像分割，藉以取得輸入手勢影像之二值化輪廓影像(binary contour image)所形成的封閉曲線(步驟S102)。由於上述計算二值化輪廓影像之方法為熟習該項技術者所已知，故不在此詳述。

在取得封閉曲線之後，影像處理裝置可根據封閉曲

線以描繪出手勢輪廓影像的曲率格化空間 (curvature scale space, CSS) 影像 (步驟 S103)。接下來將根據曲率格化空間影像所形成之座標-峰值組數列的整體二維分佈狀態，來選取出一用以校準手勢影像之基準點，其係將座標-峰值組數列與一預設函數 $F(x)$ 進行迴旋積分運算 (步驟 S104)，其中， $F(x) \geq 0$ ，且 $F(x)$ 為一非對稱 (asymmetric) 函數，之後再將具有最大積分值之座標點指定為曲率格化空間之基準點，以求出手勢影像的特徵參數 F^I (步驟 S105)。

為了辨識出特徵參數 F^I 所代表的手勢特徵，所以在資料庫裡，已預先儲存參考手勢形狀之特徵參數 F^S ，用以與特徵參數 F^I 進行比對辨識。一般來說靜態手勢最常使用的形式為數字的表現，例如以伸出食指表示數字『壹』、伸出食指加中指表示數字『貳』、五指全開表示數字『伍』...等，餘此類推。因此本例之資料庫係儲存有表示各種數字之參考手勢形狀，其中包括有不同大小、位移、旋轉角度之手勢，當然亦可儲存有各式各樣其他形狀之靜態手勢，例如手語手勢等。

最後，將手勢影像之特徵參數 F^I 一一與預存之參考手勢形狀之特徵參數 F^S 進行比對，並使用最近鄰居法 (nearest neighbor) 進行手勢辨識，以找出與輸入手勢影像距離最小之參考手勢形狀，進而判別出輸入手勢影像所對應的手勢形狀 (步驟 S106)。

請參閱圖 2 及圖 3，係詳述上述步驟 S103 用以計算曲率格化空間影像之方法，在圖 2 之曲率圓示意圖中，係定

義在一封閉曲線 Γ 上P點的曲率 κ 為切線斜率角 ϕ 對弧長 u 的瞬間變化率，也等於在P點的曲率圓 R (circle of curvature)半徑 r 的倒數，曲率 κ 係以下列公式表示：

$$\kappa = \frac{d\phi}{du} = \frac{1}{r} ;$$

若封閉曲線 Γ 可用曲線弧長參數 u 表示為 $\{x(u), y(u)\}$ ，且 u 已經正規化為介於 $[0, 1]$ 之間，則經過推導後可將上述封閉曲線 Γ 的曲率 κ 以下列公式表示：

$$\kappa(u) = \frac{\dot{x}(u)\ddot{y}(u) - \ddot{x}(u)\dot{y}(u)}{(\dot{x}^2(u) + \dot{y}^2(u))^{\frac{3}{2}}} \quad (\text{步驟S301}) ;$$

$$\text{其中，} \dot{x}(u) = \frac{dx}{du}、\ddot{x}(u) = \frac{d^2x}{du^2}、\dot{y}(u) = \frac{dy}{du} \text{ 及 } \ddot{y}(u) = \frac{d^2y}{du^2} ;$$

接下來將封閉曲線 Γ 與一一維高斯函數 $g(u, \sigma)$ 進行旋積運算，以計算出一平滑化之曲率函數 $\Gamma_\sigma = \{X(u, \sigma), Y(u, \sigma)\}$ 及其曲率 $\kappa(u, \sigma) = \frac{X_u(u, \sigma)Y_{uu}(u, \sigma) - X_{uu}(u, \sigma)Y_u(u, \sigma)}{(X_u(u, \sigma)^2 + Y_u(u, \sigma)^2)^{\frac{3}{2}}}$

(步驟S302)，其中，標準差為 σ ，故高斯函數可表示為：

$$g(u, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma^2}\right),$$

且平滑化曲率函數 Γ_σ 中的 $X(u, \sigma)$ 及 $Y(u, \sigma)$ 分別為：

$$X(u, \sigma) = x(u) * g(u, \sigma) = \int_{-\infty}^{\infty} x(v) \cdot \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(u-v)^2}{2\sigma^2}\right) dv ,$$

$$Y(u, \sigma) = y(u) * g(u, \sigma) = \int_{-\infty}^{\infty} y(v) \cdot \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(u-v)^2}{2\sigma^2}\right) dv ;$$

曲率 $\kappa(u, \sigma)$ 中的 $X_u(u, \sigma)$ 、 $X_{uu}(u, \sigma)$ 、 $Y_u(u, \sigma)$ 、及 $Y_{uu}(u, \sigma)$ 分別表示為：

$$X_u(u, \sigma) = x(u) * \dot{g}(u, \sigma)、X_{uu}(u, \sigma) = x(u) * \ddot{g}(u, \sigma)、$$

$$Y_u(u, \sigma) = y(u) * \dot{g}(u, \sigma), \quad Y_{uu}(u, \sigma) = y(u) * \ddot{g}(u, \sigma),$$

$$\text{其中, } \dot{g}(u, \sigma) = \frac{\partial}{\partial u} g(u, \sigma) \text{ 和 } \ddot{g}(u, \sigma) = \frac{\partial^2}{\partial u^2} g(u, \sigma)。$$

一般而言，平滑化之曲線在 σ 較小時具有較高的解析度，反之 σ 較大時則具有低解析度，因此隨著 σ 的增加， $\Gamma_\sigma = \{X(u, \sigma), Y(u, \sigma)\}$ 函數所描繪出的輪廓也將變得越平滑模糊。最後再使用不同的標準差 σ 來找出在 $\Gamma_\sigma = \{X(u, \sigma), Y(u, \sigma)\}$ 中的零曲率點位置，並在座標系中連續描繪出不同標準差 σ 的所有零曲率點位置（步驟 S303），即得到輸入手勢影像輪廓的曲率格化空間影像。

請參閱圖 4，顯示所輸入之手勢影像 1 之二值化輪廓影像所形成的封閉曲線，根據上述之計算方法，可繪製出手勢影像 1 之曲率格化空間影像座標圖，即如圖 5 所示之即 u - σ 座標圖 11。其中橫座標為 u 軸、縱座標為 σ 軸，且 u 已正規化介於 $[0, 1)$ 之間，而在 u - σ 座標空間中， $\kappa(u, \sigma) = 0$ 的位置係稱為零曲率點。

在描繪出輸入手勢影像 1 的曲率格化空間影像圖之後，將根據圖 6 流程圖之詳細步驟以擷取出手勢影像 1 之手勢特徵 F^I 。首先計算曲率格化空間影像中所有峰值的集合，以形成一座標-峰值組（步驟 S601），亦可簡寫為 u - σ 組，即 $\{(u_i, \sigma_i)\}_{i=1, \dots, N}^{\text{Original}} = \{(u_1, \sigma_1), (u_2, \sigma_2), \dots, (u_j, \sigma_j), \dots, (u_N, \sigma_N)\}$ ，其中， N 為曲率格化空間影像所偵測到之峰值個數；接著，根據 u - σ 座標圖 11 之整體二維分佈狀態以選取出一基準點 $k_o = \arg \max_k \left(\sum_{i=1}^{k-1} \sigma_i \cdot F(1 + u_i - u_k) + \sum_{i=k}^N \sigma_i \cdot F(u_i - u_k) \right)$ （步驟 S602），用以解決先前技術之最大峰值座標點選擇法本身局部性的

限制。

於上述選取基準點之公式中， $F(x)$ 是一個定義於 $[0,1)$ 區間的zero-mean高斯函數，例如為 $F(x) = \frac{e^{-[x^2/2\sigma^2]}}{\sqrt{2\pi}\sigma}$ ，其中， σ 用以控制 $F(x)$ 在 $[0,1)$ 區間中變化之速度。為了減少求出多個相同極大值位置之機率，因此對 $F(x)$ 之值域限制為 $F(x) \geq 0$ ，且 $F(x)$ 為一不對稱之絕對遞增或絕對遞減函數，亦可以是一不連續性的函數。於本實施例中， $F(x)$ 為如圖7所示之絕對遞減函數，由於zero-mean高斯函數在 $[0,1)$ 區間中為一對一函數，因此只要輸入之座標-峰值組數列非週期形式或對稱形式，則對例如突波、步階等函數而言，將可大幅降低多個 k_0 發生的機率，而上述用以選取基準點之公式則可視為是 $\{(u_i, \sigma_i)\}_{i=1, \dots, N}^{\text{Original}}$ 對 $F(x)$ 做迴旋積分，以由 u - σ 座標圖11中選取出具有最大積分值之座標值 u_{k_0} 。

接著，以 u_{k_0} 為基準點，經圓形旋轉用以將尚未校準之 u - σ 座標圖11調整為校準後之座標-峰值組 $\{(u_i, \sigma_i)\}_{i=1, \dots, N}^{\text{aligned}} = \{(0, \sigma_{k_0}), (u_{k_0+1} - u_{k_0}, \sigma_{k_0+1}), \dots, (1 + u_1 - u_{k_0}, \sigma_1), \dots, (1 + u_{k_0-1} - u_{k_0}, \sigma_{k_0-1})\}$ (步驟S603)，即為如圖8所示校準後之 u - σ 座標圖12，其中，具有最大積分值之座標值所對應的 u 軸座標為 $u=0$ 處。因此，可根據校準後之 u - σ 座標圖12來計算出手勢影像1之特徵參數 $F^I = \{(u_i^I, \sigma_i^I)\}_{i=1, \dots, N}^{\text{aligned}}$ (步驟S604)，其中， N 為曲率格化空間影像所偵測到之峰值個數， I 代表手勢影像1。

取得手勢影像1之特徵參數 F^I 後，即進行圖1之步驟S106，用以比對 F^I 與預存之參考手勢形狀之特徵參數 F^S 的相似程度，以找出手勢影像1所對應的手勢形狀。資料庫中預存的特徵參數 F^S 可用公式表示為 $F^S = \{(u_j^S, \sigma_j^S)\}_{j=1, \dots, M}^{\text{aligned}}$ ，其中， M 為參考手勢形狀之峰值個數， S 則代表參考手勢形狀。

請參閱圖9，為比對 F^I 和 F^S 的流程圖。首先，使用一距離函數(distance function)一一計算出 F^I 與 F^S 間匹配之座標-峰值點之距離(distance of matched peak)、加上不匹配峰值(unmatched peak)之總和(步驟S901)，本實施例之距離函數係以下列公式表示：

$$\text{dist}(F^I, F^S) = \sum_{\text{matched peaks}} \sqrt{(u_i^I - u_j^S)^2 + (\sigma_i^I - \sigma_j^S)^2} + \sum_{\text{unmatched peaks}} \sigma_i^I + \sum_{\text{unmatched peaks}} \sigma_j^S;$$

若計算出之距離值越小、就表示形狀越相似。

再來，使用最近鄰居法，便可以決定手勢影像1所代表之參考手勢形狀(步驟S902)，做手勢辨識。

影像處理裝置即可依照上述公式來找出與手勢影像1距離最小之參考手勢形狀來決定辨識結果。

根據上述之說明，本發明之方法直觀上即為尋找手指位置。其利用對影像逐次的進行平滑化(smoothing)，及影像所對應的曲率格化空間資料點間的結合趨勢，而可得知在輪廓上具有大區域凹陷的位置。當然對手勢影像而言，大區域凹陷位置就是手指間凹陷的可能位置，因此可根據本發明之方法而找出手勢影像之輪廓中最明顯的幾個凹陷變化點。

本發明所提出用以校準手勢曲率格化空間特徵之方法，將使得擷取出之曲率格化空間特徵在校準後仍能保有穩定的特性，以便進行特徵比對與手勢辨識，可應用於遊戲(game)、人機介面(human computer interface)、手語辨識(sign language recognition)...等領域。特別是在遊戲方面具有廣大的應用性，在遊戲中增加手勢辨識功能，使得遊戲者與遊戲環境場景可直接做自然和方便的操控與互動，俾以增加娛樂效果與實用性。

上述實施例僅係為了方便說明而舉例而已，本發明所主張之權利範圍自應以申請專利範圍所述為準，而非僅限於上述實施例。

五、圖式簡單說明

圖1係本發明實施例在影像中校準手勢特徵之方法之流程圖。

圖2係本發明實施例之曲率圓示意圖。

圖3係本發明實施例計算曲率格化空間影像之流程圖。

圖4係本發明實施例手勢影像之二值化輪廓影像之示意圖。

圖5係依據圖4之曲率格化空間影像示意圖。

圖6係本發明實施例計算手勢影像特徵參數之流程圖。

圖7係本發明實施例預設函數之函數示意圖。

圖8係本發明實施例校準後之曲率格化空間影像示意圖。

圖9係本發明實施例比對輸入手勢影像之特徵參數與預存參考手勢形狀之特徵參數之流程圖。

圖號說明

(1)手勢影像

(11)(12)(2)u- σ 座標圖

拾、申請專利範圍

1. 一種在影像中校準手勢特徵之方法，主要包括下列步驟：

擷取一輸入之手勢影像；

對該手勢影像進行影像前處理，以求出該手勢影像之二值化輪廓影像所形成之封閉曲線；

根據該封閉曲線，以描繪出該手勢影像之曲率格化空間影像；

將該曲率格化空間影像所形成之一座標-峰值組數列與一預設函數 $F(x)$ 進行迴旋積分運算，以將具有最大積分值之座標值指定為基準點，來求出該手勢影像之特徵參數，其中， $F(x) \geq 0$ ，且 $F(x)$ 為一非對稱函數；以及

將該手勢影像之特徵參數一一與預設之複數種參考手勢形狀之特徵參數進行比對，以辨識出該手勢影像所對應之手勢形狀。

2. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中，於該以迴旋積分運算來將具有最大積分值之座標值指定為基準點而求出手勢影像之特徵參數的步驟中，該手勢影像之特徵參數係由下列步驟求出：

計算出該曲率格化空間影像中之座標-峰值組，為 $\{(u_i, \sigma_i)\}_{i=1, \dots, N}^{\text{Original}} = \{(u_1, \sigma_1), (u_2, \sigma_2), \dots, (u_j, \sigma_j), \dots, (u_N, \sigma_N)\}$ ，其中， N 為該曲率格化空間影像所偵測到之峰值個數；

根據該座標-峰值組之整體二維分佈狀態以選取一

基準點 $k_0 = \arg \max_k \left(\sum_{i=1}^{k-1} \sigma_i \cdot F(1 + u_i - u_k) + \sum_{i=k}^N \sigma_i \cdot F(u_i - u_k) \right)$ ；

以 u_{k_0} 為基準點，經圓形旋轉以將該座標-峰值組調整成為校準後之座標-峰值組 $\{(u_i, \sigma_i)\}_{i=1, \dots, N}^{\text{aligned}} = \{(0, \sigma_{k_0}), (u_{k_0+1} - u_{k_0}, \sigma_{k_0+1}), \dots, (1 + u_1 - u_{k_0}, \sigma_1), \dots, (1 + u_{k_0-1} - u_{k_0}, \sigma_{k_0-1})\}$ ；以及

計算該手勢影像之特徵參數 $F^I = \{(u_i^I, \sigma_i^I)\}_{i=1, \dots, N}^{\text{aligned}}$ ，其中， N 為該曲率格化空間影像所偵測到之峰值個數， I 代表該輸入之手勢影像。

3. 如申請專利範圍第2項所述之方法，其中，於該根據座標-峰值組之整體二維分佈狀態以選取一基準點之步驟中， $F(x)$ 係定義為一介於 $[0,1)$ 區間之函數。

4. 如申請專利範圍第3項所述之方法，其中， $F(x)$ 係為一 zero-mean 高斯函數。

5. 如申請專利範圍第4項所述之方法，其中，該 zero-mean 高斯函數係為 $F(x) = \frac{e^{-[x^2/2\sigma^2]}}{\sqrt{2\pi}\sigma}$ ， $0 \leq x < 1$ ，當中，

σ 係用以控制 $F(x)$ 在 $[0,1)$ 區間中變化之速度。

6. 如申請專利範圍第2項所述之方法，其中，於該根據座標-峰值組之整體二維分佈狀態以選取一基準點之步驟中， $F(x)$ 係為一絕對遞增或遞減函數。

7. 如申請專利範圍第2項所述之方法，其中，於該以手勢影像之特徵參數與預設之複數種參考手勢形狀之特徵參數進行比對而辨識出手勢影像所對應之手勢形狀之步驟中，該參考手勢形狀之特徵參數 F^S 係表示

為 $F^S = \{ \{ (u_j^S, \sigma_j^S) \}_{j=1, \dots, M}^{\text{aligned}} \}$ ，當中， M 為參考手勢形狀之峰值個數， S 代表該參考手勢形狀。

8. 如申請專利範圍第7項所述之方法，其中，該以手勢影像之特徵參數與預設之複數種參考手勢形狀之特徵參數進行比對而辨識出手勢影像所對應之手勢形狀之步驟係包括下列步驟：

使用一距離函數一一計算出該手勢影像之特徵參數 F^I 與參考手勢形狀之特徵參數 F^S 間匹配之座標-峰值點之距離、加上不匹配峰值之總和

$$\text{dist}(F^I, F^S) = \sum_{\text{matched peaks}} \sqrt{(u_i^I - u_j^S)^2 + (\sigma_i^I - \sigma_j^S)^2} + \sum_{\text{unmatched peaks}} \sigma_i^I + \sum_{\text{unmatched peaks}} \sigma_j^S;$$

以及

使用最近鄰居法以決定該手勢影像所代表之參考手勢形狀。

9. 如申請專利範圍第8項所述之方法，其中，於該以決策函數來決定手勢影像所代表之參考手勢形狀的步驟中，係使用最近鄰居法進行比對，當中與該手勢影像距離最小之參考手勢形狀即為該手勢影像所代表之手勢形狀。

10. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中，於該根據封閉曲線以描繪出手勢影像之曲率格化空間影像的步驟中，該曲率格化空間影像係由下列步驟求出：

計算該封閉曲線 $\{x(u), y(u)\}$ 之曲率 $\kappa(u) = \frac{\dot{x}(u)\ddot{y}(u) - \ddot{x}(u)\dot{y}(u)}{(\dot{x}^2(u) + \dot{y}^2(u))^{\frac{3}{2}}}$ ，其中， u 為正規化之曲線弧長參

數、 $\dot{x}(u) = \frac{dx}{du}$ 、 $\ddot{x}(u) = \frac{d^2x}{du^2}$ 、 $\dot{y}(u) = \frac{dy}{du}$ 及 $\ddot{y}(u) = \frac{d^2y}{du^2}$ ；

將該封閉曲線與一高斯函數進行運算，計算出平滑化之曲線函數 $\Gamma_\sigma = \{X(u, \sigma), Y(u, \sigma)\}$ ，及該函數 Γ_σ 之曲率

$\kappa(u, \sigma) = \frac{X_u(u, \sigma)Y_{uu}(u, \sigma) - X_{uu}(u, \sigma)Y_u(u, \sigma)}{(X_u(u, \sigma)^2 + Y_u(u, \sigma)^2)^{\frac{3}{2}}}$ ，其中， σ 為標準

差， $X(u, \sigma) = x(u) * g(u, \sigma) = \int_{-\infty}^{\infty} x(v) \cdot \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(u-v)^2}{2\sigma^2}\right) dv$ ，

$Y(u, \sigma) = y(u) * g(u, \sigma) = \int_{-\infty}^{\infty} y(v) \cdot \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(u-v)^2}{2\sigma^2}\right) dv$ ，且

$X_u(u, \sigma) = x(u) * \dot{g}(u, \sigma)$ 、 $X_{uu}(u, \sigma) = x(u) * \ddot{g}(u, \sigma)$ 、

$Y_u(u, \sigma) = y(u) * \dot{g}(u, \sigma)$ 、 $Y_{uu}(u, \sigma) = y(u) * \ddot{g}(u, \sigma)$ 、

$\dot{g}(u, \sigma) = \frac{\partial}{\partial u} g(u, \sigma)$ 、及 $\ddot{g}(u, \sigma) = \frac{\partial^2}{\partial u^2} g(u, \sigma)$ ；以及

根據不同之標準差 σ ，找出函數 Γ_σ 之零曲率點位置，並在 u - σ 座標空間內，連續描出不同標準差的所有零曲率點位置。

11. 如申請專利範圍第10項所述之方法，其中，該正規化曲線弧長參數 u 係介於 $[0, 1]$ 之間。

12. 如申請專利範圍第10項所述之方法，其中，於該以封閉曲線與一高斯函數進行運算來計算出平滑化之曲線函數及函數之曲率的步驟中，係將該封閉曲線與一高斯函數進行旋積運算。

13. 如申請專利範圍第10項所述之方法，其中，於該以封閉曲線與一高斯函數進行運算來計算出平滑化之曲線函數及函數之曲率的步驟中，該高斯函數係為

$$g(u, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-u^2}{2\sigma^2}\right)。$$

14. 如申請專利範圍第10項所述之方法，其中，於該以不同之標準差來找出函數之零曲率點位置的步驟中，零曲率點位置係在 u - σ 座標空間中， $\kappa(u, \sigma)=0$ 之位置。

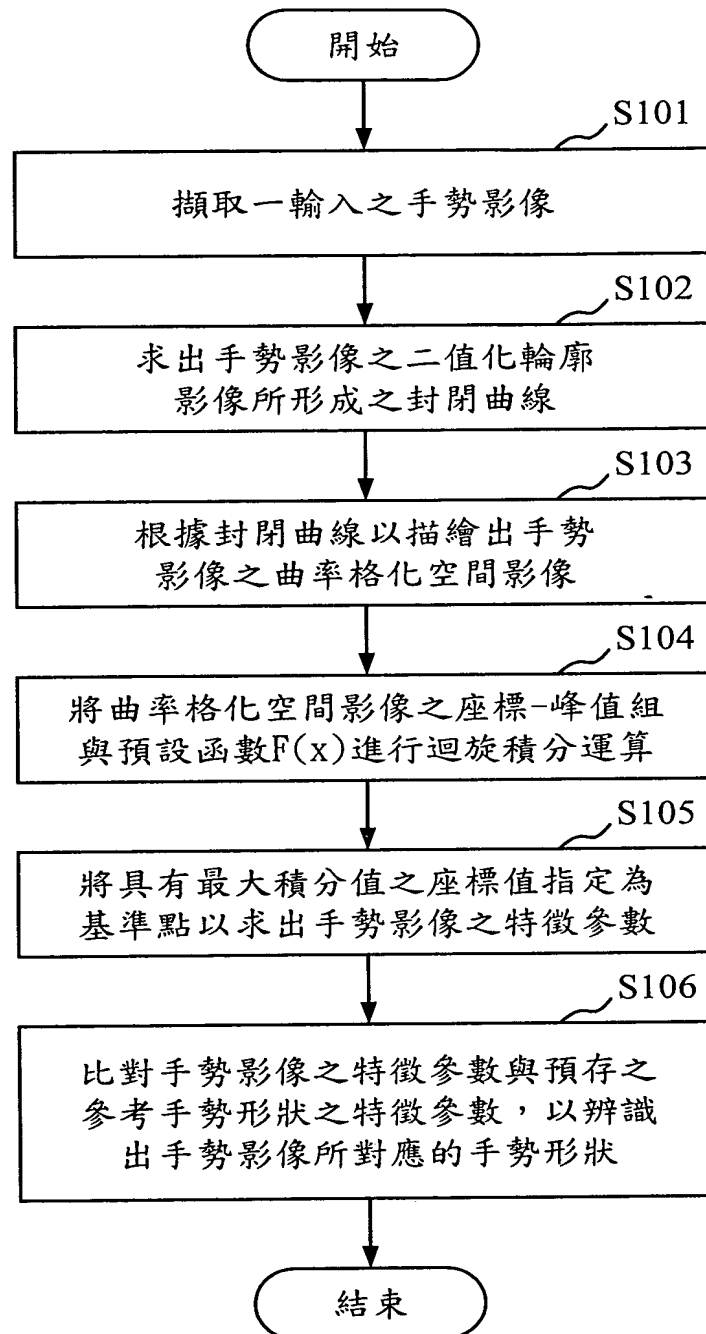


圖 1

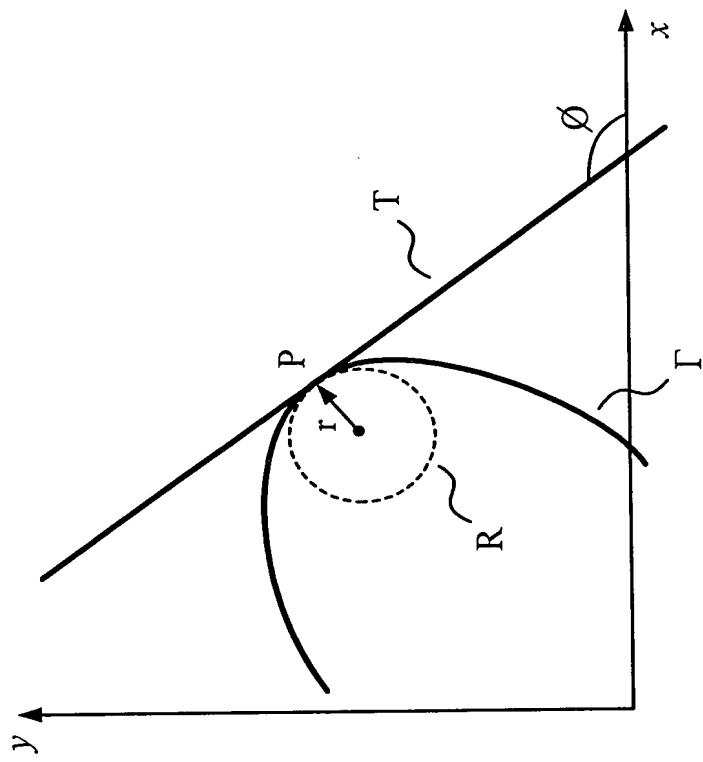


圖2

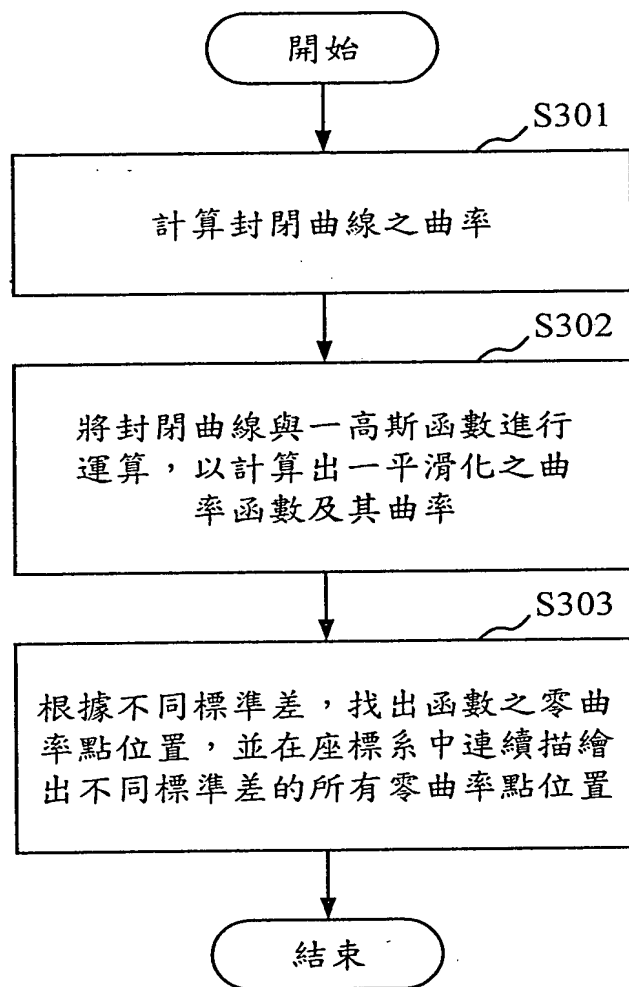


圖3

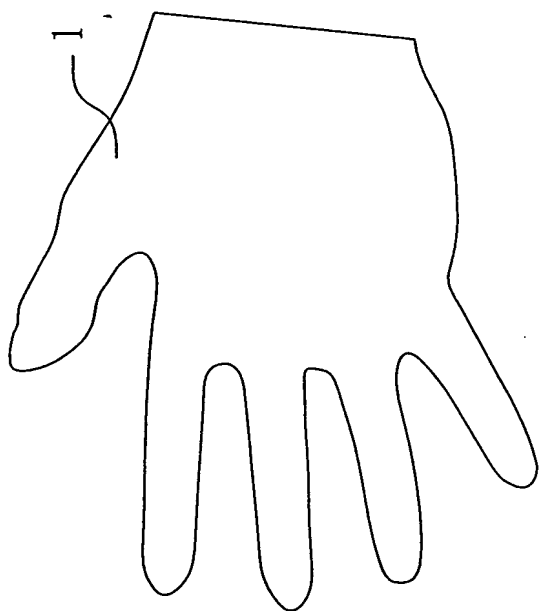


圖4

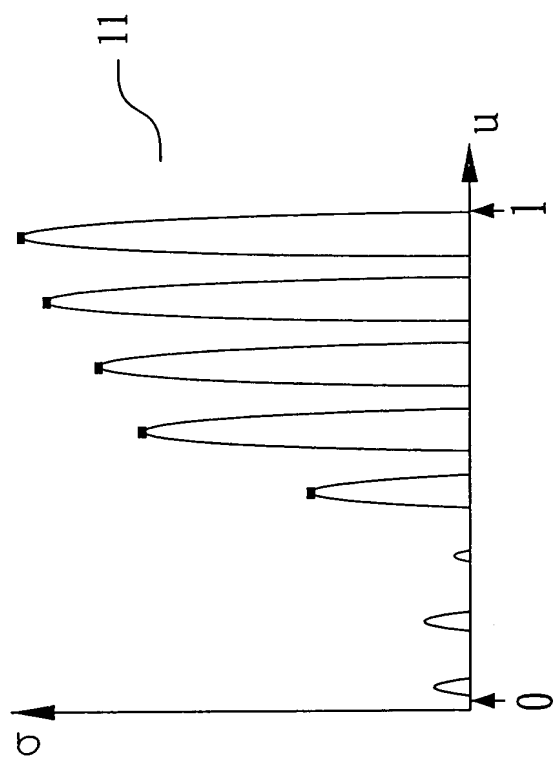


圖5

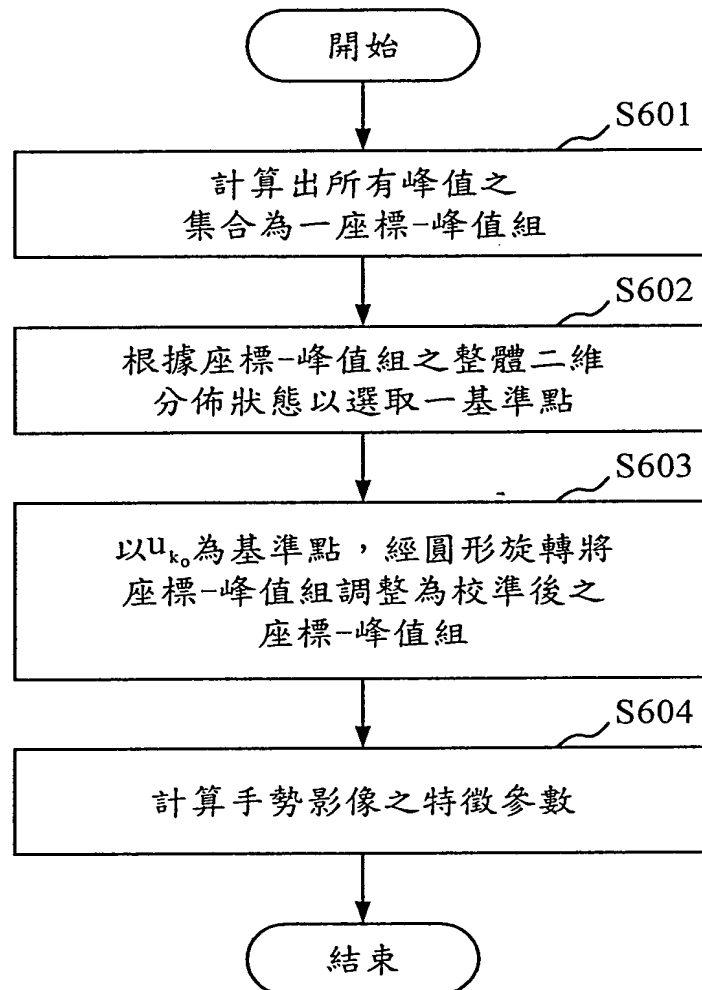


圖6

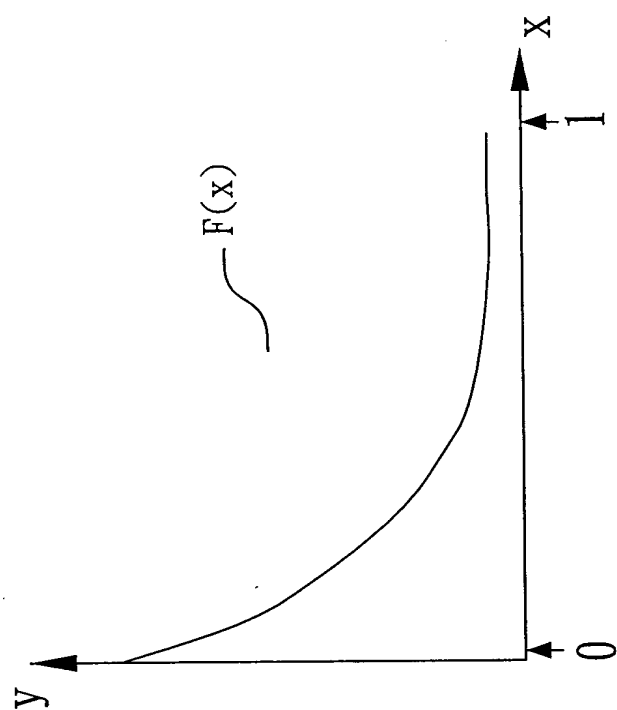


圖7

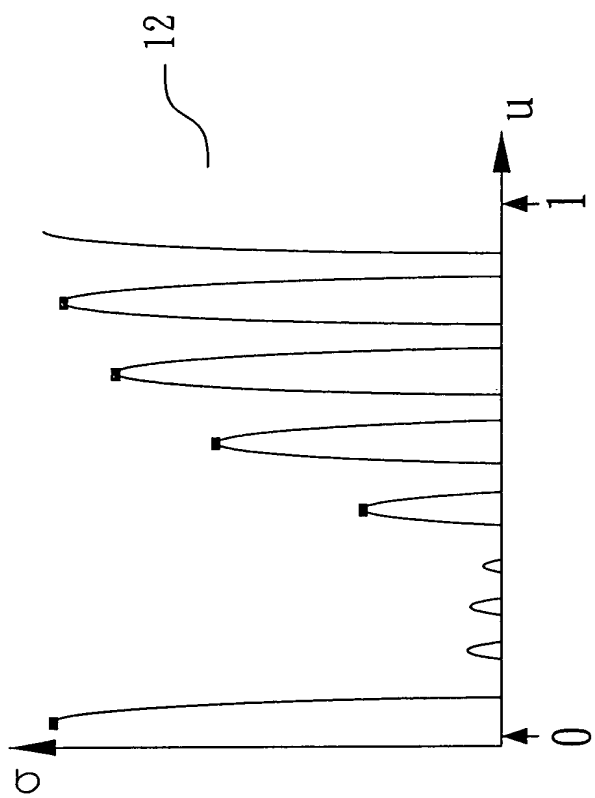


图 8

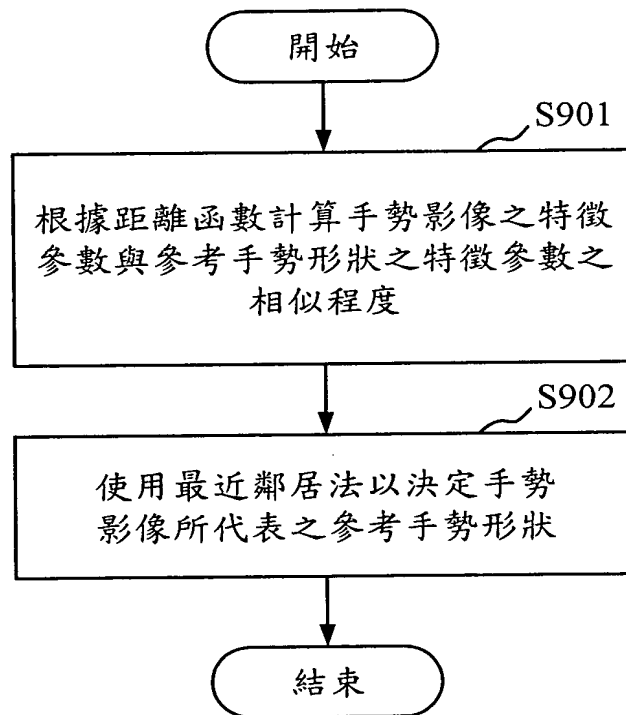


圖9